Iranian Journal of Animal Science Research
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

Research Article
Vol. 17, No.2, 2025, p. 193-203

The Effect of Cinnamon Nanoparticles Produced with Ultrasonic Waves on Growth Performance, Digestive Enzyme Activity, Thyroid Hormone Levels, and Ileal Bacterial Population in Broiler Chickens

Mokhtar Fathi[1*], Ali Hashem Mohammad[2], Kianoosh Zarrinkavyani[2], Zahra Biranvand[3]

1- Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran.
2- Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.
3- Department of Animal Science, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ilam, Iran
*Corresponding Author's Email: Mokhtarfathu@pnu.ac.ir

Received: 21-01-2025 Revised: 12-03-2025 Accepted: 28-04-2025 Available Online: 29-07-2025	**How to cite this article:** Fathi, M., Hashem Mohammad, A., Zarrinkavyani, K., & Biranvand, Z. (2025). The effect of cinnamon nanoparticles produced with ultrasonic waves on growth performance, digestive enzyme activity, thyroid hormone levels, and ileal bacterial population in broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *17*(2), 193-203. (in Persian with English abstract) http://doi.org/10.22067/ijasr.2025.91679.1231

Introduction: Today, the tendency to find healthy and safe additives in livestock and poultry has increased. Plants and their products include plant extracts, essential oils or their ingredients, including alternative growth stimuli, which are due to their antimicrobial properties in the animal feed industry and in the field of testing. Cinnamon is a plant from the Lauraceae family and has different species, the most famous of which are two species: species, Cinnamomumorum, known as the Cinnamon, *Cinnamon Market*, is one of the most desirable types of cinnamon, and the species, *Cinnamomum Cassia*, which is mainly in China, Vietnam and Indonesia, is called Cinnamon China and Saigon. These two types of cinnamon are not the same in quality, but due to their many similarities in terms of properties and perfumes, in most parts of the world they do not differentiate for these two types of cinnamon. Cinnamon is commonly used in the animal feed and poultry because of its specific fragrance cinnamon essential oil is the only important part of cinnamon that contains 1 % in the plant. The main ingredients of cinnamon cinnamaloids, hydroxy cinnamaldehy, eugenol, safrol, cinnamil acetate, cinnamyl alcohol, carvacrol, cumarin, terminoids, phenylprophanoids, and karyophylline can be used to treat insulin-like activity. Cinnamon essential oils are responsible for the taste, the expansion of anti-inflammatory, antimicrobial and antioxidant activity. The researchers consider the antioxidant effect of cinnamon to be more related to the two compounds of eugenol and methyl hydroxy chalkon. Eughansol improves the activity of glutathione peroxidase and enhances resuscitated glutathione. It has shown that cinnamon extract prevents the growth of some bacteria, such as Helicobacter Pillari, E. Coli, Entreococcus, Sinodomonas, Staphylococcus and Salmonella, thereby increasing the relative population of the lactobacillus. It is guessing that terminoids and phenyropopanoids in cinnamon oil are penetrated into the membrane membrane of the bacteria and thus destroy them. In another study, cinnamon antimicrobial properties attributed to the contents of cinnamady, eugenol and carvacrol. In spite of the enormous

http://doi.org/10.22067/ijasr.2025.91679.1231

impact of cinnamon compounds, limited absorption, rapid metabolism, high solubility and the rapid elimination of the biological systemic system is extremely limited and thus strictly limited its medicinal role. One of the suggested ways is to use cinnamon in the form of nanoparticles that can enhance the absorption, solubility and protection of its compounds against hydrolysis. Therefore, the main purpose of this study was to evaluate nanocinomon (nanoparticles of dry cinnamon extract) on the function of the meat chickens.

Materials and Methods: A study was conducted to investigate the effects of cinnamon nanoparticles on growth performance, digestive enzyme activity, thyroid hormone levels, and ileum bacterial population in broiler chickens. A total 500 of broiler chickens ROSS 308 in a completely random design to five treatments, each treatment was assigned in five repetitions with 20 one -day -old chickens. Five experimental treatments included: 1- control (fed with basal diet) and 2, 3, 4 and 5 treatments were the basal diet plus 150, 300, 450 and 600 mg of cinnamon nanoparticles per kg of feed, respectively. Ultrasonic method was used to synthesize synthesis.

Results and Discussion: The results showed that the supplementation of cinnamon nanoparticles significantly increased feed consumption, increased weight gain, and reduced feed conversion ratio and mortality ($P < 0.05$). The best growth performance was found in 450 mg of cinnamon nanoparticles group. The results of the effect of cinnamon nanoparticles of the digestive enzymes also showed that cinnamon nanoparticles had a significant effect on increased secretion of gastrointestinal enzymes, and the highest levels of digestive enzymes in the serum was found in 450 mg nanoparticles cinemaon group ($P < 0.05$). The results for thyroid hormones indicated that cinnamon nanoparticles did not significantly affect serum TSH levels. However, they significantly reduced serum T3 levels and increased T4 levels ($P < 0.05$). Additionally, analysis of the intestinal microbiota in broiler chickens showed that cinnamon supplementation reduced the population of E. coli and significantly increased the population of Lactobacillus bacteria ($P < 0.05$).

Conclusion: Generally, the results of this study showed that the use of cinnamon nanoparticles at 450 mg can improve performance by increasing feed consumption, increased digestive enzyme secretion and improved the intestinal microbial population and improved performance.

Keywords: Bacterial population, Cinnamon nanoparticles, Chickens, Digestive enzymes, Growth, Thyroid hormones

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۱۷، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۴، ص. ۲۰۳-۱۹۳

بررسی تأثیر نانوذرات سینامون تولیدی با امواج فراصوت بر عملکرد رشد، آنزیم‌های گوارشی، سطح هورمون‌های تیروئیدی و جمعیت باکتریایی ایلئوم در جوجه‌های گوشتی

مختار فتحی[1*]، علی هاشم محمد[2]، کیانوش زرین کاویانی[2]، زهرا بیرانوند[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۸

چکیده

مطالعه‌ای به‌منظور بررسی اثرات نانوذرات سینامون تولیدشده به‌روش امواج فراصوت بر عملکرد رشد، فعالیت آنزیم‌های ترشحی، سطح سرمی هورمون‌های تیروئیدی و جمعیت باکتریایی ایلئوم در جوجه‌های گوشتی انجام شد. تعداد ۵۰۰ قطعه جوجه گوشتی سویه رأس ۳۰۸ در یک طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار، هر تیمار در پنج تکرار دارای ۲۰ جوجه یک‌روزه اختصاص داده شد. پنج تیمار آزمایشی شامل:۱- شاهد (تغذیه شده با جیره پایه) و تیمارهای ۲، ۳، ۴ و ۵ به‌ترتیب دریافت‌کننده جیره پایه به‌علاوه سطوح ۱۵۰، ۳۰۰، ۴۵۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم نانوذرات سینامون در کیلوگرم خوراک بودند. برای سنتز نانوذرات سینامون از روش امواج فراصوت (اولتراسونیک) استفاده شد. نتایج نشان داد که مکمل‌سازی نانوذرات سینامون به‌طور معنی‌داری باعث افزایش خوراک مصرفی، افزایش وزن حاصله و کاهش ضریب تبدیل خوراک و تلفات شد ($P<0/05$)، بهترین عملکرد رشد مربوط به گروه ۴۵۰ میلی‌گرم نانوذرات سینامون در کیلوگرم خوراک بود. نتایج حاصل از تأثیر نانوذرات سینامون بر سطح آنزیم‌های گوارشی نیز نشان داد که نانوذرات سینامون تأثیر معنی‌داری بر افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی لیپاز و آمیلاز داشته و بالاترین سطح آنزیم‌های گوارشی در سرم مربوط به گروه ۴۵۰ میلی‌گرم نانوذرات سینامون بود ($P<0/05$). نتایج مربوط به هورمون‌های تیروئیدی نشان داد که نانوذرات سینامون بدون تأثیر معنی‌دار بر سطح سرمی هورمون TSH، به‌طور معنی‌داری سبب کاهش سطح سرمی T3 و افزایش سطح T4 شد ($P<0/05$). علاوه‌بر این نتایج شمارش باکتری‌های روده جوجه‌های گوشتی نشان داد که مکمل‌سازی سینامون سبب کاهش جمعیت باکتری‌های *ای‌کولای* و افزایش معنی‌داری جمعیت باکتری‌های *لاکتوباسیلوس* روده جوجه‌های گوشتی شد ($P<0/05$). به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از نانوذرات سینامون تولیدی با استفاده از امواج فراصوت در سطح ۴۵۰ میلی‌گرم می‌تواند از طریق افزایش خوراک مصرفی، افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی و بهبود جمعیت میکروبی روده، سبب بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی شود.

واژه‌های کلیدی: راس ۳۰۸، فلور میکروبی روده، کارآیی، متابولیسم هورمونی، نانو فتوبیوتیک

مقدمه

امروزه به‌طور گسترده تمایل به یافتن افزودنی‌های سالم و بی‌خطر در پرورش دام و طیور افزایش یافته است. گیاهان و فرآورده‌های آن‌ها شامل عصاره‌های گیاهی، اسانس‌ها و یا مواد تشکیل‌دهنده آن‌ها از جمله محرک‌های رشد جایگزین هستند که به‌علت خصوصیات ضدمیکروبی که دارند در صنعت خوراک دام و طیور مورد آزمایش قرار گرفته‌اند (Behrooz Lak *et al.*, 2014).

دارچین (*Cinnamomum verum*) گیاهی است از خانواده Lauraceae و گونه‌های مختلفی دارد که معروف‌ترین آن‌ها دو گونه اند: گونه *Cinnamomum verum*، که در بازار تجارت به‌نام دارچین سیلان معروف است و از مرغوب‌ترین انواع دارچین است و گونه *Cinnamomum cassia* که رویشگاه آن عمدتاً در چین، ویتنام و اندونزی است و در بازار به‌نام دارچین چین و سایگون نامیده می شود.

۱- گروه علوم دامی، دانشکده فنی-مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۲- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۳- بخش علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: Mokhtarfathi@pnu.ac.ir
http://doi.org/10.22067/ijasr.2025.91679.1231

این دو نوع دارچین از نظر کیفیت یکسان نیستند، ولی به‌علت شباهت های زیادی که از نظر خواص و عطر با هم دارند در اغلب مناطق دنیا برای این دو گونه دارچین تفاوتی قائل نیستند (Fathi *et al*., 2017). دارچین به‌واسطه رایحه خاصی که دارد، معمولاً در صنعت خوراک دام و طیور مورد استفاده قرار گرفته است.

اسانس دارچین تنها قسمت مهم دارچین است که به‌مقدار یک درصد در پوست گیاه مذکور وجود دارد. ترکیبات اصلی اسانس دارچین سینامالدئید، هیدروکسی سینامالدئید، اوژنول، سافرول، سینامیل استات، سینامیل الکل، کارواکرول، کومارین، ترپنوئیدها، فنیل پروپانوئیدها و کاریوفیلن هستند که فعالیتی شبیه به انسولین دارند و می‌توانند در درمان دیابت مفید باشند. علاوه‌بر این، عصاره سینامون می‌تواند با تعدیل بیان ژن مربوط به تولید هورمون T3 ، تولید این هورمون را کاهش دهد و از این طریق سبب بهبود عملکرد قلب و شاخص‌های سلامتی در موش‌ها شد (Gaique *et al*., 2016).

روغن‌های اسانسی دارچین مسئول طعم، گسترش فعالیت ضدالتهابی، ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی هستند. قسمت اعظم اسانس را سینامالدئید (۶۵-۷۵درصد) تشکیل می‌دهد، با ترکیب مولکولی C_9HO_{132} به‌صورت مایعی روغنی مایل به زرد است و بوی قوی دارچین دارد. محققان اثر آنتی‌اکسیدانی دارچین را بیشتر مربوط به دو ترکیب اوژنول و متیل هیدروکسی چالکون می‌دانند. مصرف اوژنول باعث بهبود فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز و افزایش گلوتاتیون احیاءشده در سلول می‌شود (Sang-Oh *et al*., 2013). علاوه‌بر این، دارچین از نظر درمانی دارای اثرات پایین‌آورنده قند خون، اثرات ضدانقباضی و آنتی‌اکسیدان است (Fathi *et al*., 2017Ciftci *et al*., 2010 ;).

گزارش کرده‌اند که عصاره دارچین، از رشد برخی از گونه‌های باکتری مانند *هلیکوباکتر پایلوری*، *ای‌کولای*، *انتروکوکوس*، *سودوموناس*، *استافیلوکوکوس* و *سالمونلا* جلوگیری به عمل می‌آورد و به این ترتیب سبب افزایش نسبی جمعیت *لاکتوباسیلوس*ها می شود. حدس بر این است که ترپنوئیدها و فنیل پروپانوئیدهای موجود در روغن دارچین، به درون غشاء باکتری‌ها نفوذ پیدا کرده و از این طریق موجب انهدام آن‌ها می‌گردند (AL-Kassie, 2009; Anguo *et al*., 2008). در تحقیقی دیگر، ویژگی ضدمیکروبی دارچین به محتوی سینامآلدئید، اوژنول و کارواکرول نسبت داده شد (Tabak *et al*., 1999).

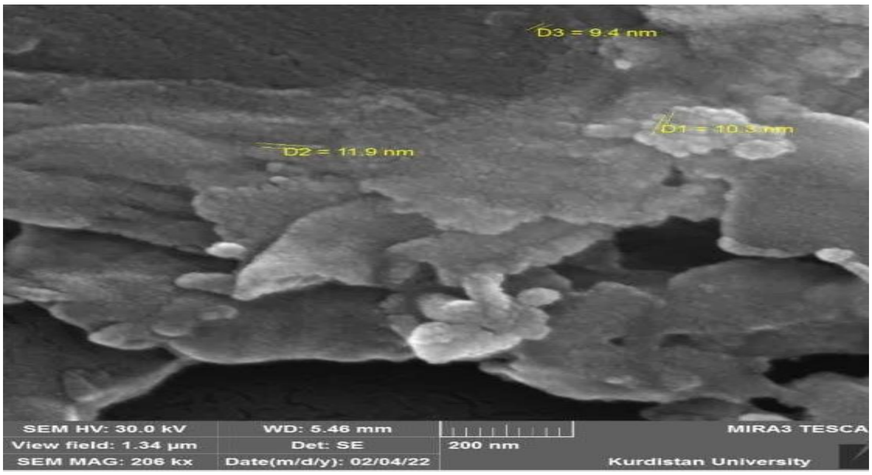
علی‌رغم اثربخشی بسیار ترکیبات دارچین، جذب محدود، متابولیسم سریع، حلالیت آبی بسیار کم و حذف سریع سیستمیک، زیست‌فراهمی و در نتیجه نقش دارویی آن را به‌شدت محدود می‌کند. از جمله راه‌های پیشنهادی، استفاده از دارچین به‌فرم نانوذرات است که می‌توانند سبب افزایش جذب، حلالیت و محافظت ترکیبات آن در برابر هیدرولیز گردد (Zhu *et al*., 2024). بنابراین، هدف اصلی اجرای این تحقیق، ارزیابی نانوسینامون تولید به‌کمک روش فراصوت (نانو ذرات عصاره خشک دارچین) بر عملکرد جوجه‌های گوشتی بود.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق، تعداد ۵۰۰ قطعه جوجه نر یک‌روزه گوشتی سویه رأس ۳۰۸ با میانگین وزنی ۲± ۴۳ گرم در قالب طرح کاملاً تصادفی به پنج تیمار آزمایشی، پنج تکرار و ۲۰ قطعه جوجه در هر تکرار (واحد آزمایشی) اختصاص داده شد. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) شاهد (بدون هر افزودنی)، تیمارهای ۲، ۳ ، ۴ و ۵ به‌ترتیب جیره پایه به‌علاوه سطوح ۱۵۰، ۳۰۰، ۴۵۰ و۶۰۰ میلی‌گرم نانوذرات سینامون در کیلوگرم خوراک بودند. جوجه‌های گوشتی در هر واحد آزمایشی روی بستری از پوشال در قفس زمینی به‌طول ۲/۲، عرض یک و ارتفاع یک متر به‌مدت ۴۲ روز پرورش داده شدند. در سه روز ابتدایی پرورش، از آبخوری کله قندی و بعد از آن تا پایان دوره از آبخوری نیپل استفاده شد. برای هر قفس به‌طور جداگانه یک مخزن آب دربسته ۱۰ لیتری مدرج تعبیه شد. جیره پایه براساس جیره‌های آزمایشی در هر مرحله (آغازین، ۱۰- ۰ روزگی، رشد، ۲۴–۱۱ روزگی و پایانی، ۲۵-۴۲ روزگی) براساس راهنمای پرورش جوجه گوشتی راس ۳۰۸ بر پایه ذرت- سویا و با استفاده از ترکیب شیمیایی اقلام خوراکی طبق جداول انجمن تحقیقات ملی آمریکا (۱۹۹۴) توسط نرم‌افزار جیره‌نویسی UFFDA تنظیم شدند. مواد خوراکی تشکل‌دهنده و ترکیبات شیمیایی جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ آورده شده است. برنامه دمایی، تهویه و رطوبت برای تمام تیمارهای آزمایشی یکسان و مطابق پیشنهادات سویه راس ۳۰۸ برای دوره‌های زمانی مختلف تنظیم گردید. برنامه واکسیناسیون بیماری نیوکاسل در روزهای ۷، ۱۷ و ۲۸ روزگی و واکسیناسیون بیماری گامبورو در ۱۴ روزگی در آب آشامیدنی انجام شد.

سنتز نانوذرات سینامون

برای سنتز نانوذرات سینامون از روش امواج فراصوت (اولتراسونیک) استفاده شد. این روش براساس استفاده از انرژی امواج مافوق صوت است. روش اولتراسونیک براساس پدیده‌ای به‌نام حباب‌زایی (Cavitation) است که شامل ایجاد یکسری حباب در اثر اعمال سونیک در محلول است. فرآیندی که در اثر اعمال امواج مافوق صوت در محلول اتفاق می افتد شامل تشکیل، رشد و انفجار حباب‌ها در محلول است. به این منظور، نسبت‌های مختلفی از عصاره خشک سینامون در اتانول و در دماهای ۲۵ و ۵۰ سانتی‌گراد درون دستگاه اولتراسونیک (مدل BANDELIN SONOPLUS، شرکت فراز طب تجهیز، ایران) تحت توان ۳۰۰ وات به‌مدت ۶۰ دقیقه قرار گرفتند.



شکل ۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی ذره سینامون در بزرگ‌نمایی‌های متفاوت

Figure 1– Scanning electron microscope (SEM) images of cinnamon nanoparticle at different magnifications

بهترین عملکرد و بیشترین پخش شدن در حل کردن پنج گرم پودر سینامون در ۴۰۰ سی‌سی اتانول و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. در بقیه موارد، پودر سینامون حالت کلوخه و چسبناک پیدا کرد. در نهایت نیز برای تأیید سنتز نانوذره مورد نظر، از روش میکروسکوپ الکترونی نگاره (SEM) استفاده شد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی، شکل کروی نانوذره و اندازه زیر ۵۰ نانومتر را نشان دادند (شکل ۱). نتایج شمارش ذرات نانو نسبت به کل ذرات موجود در محلول نشان داد که درصد رات نانو به کل ذرات ۶۸ درصد بود. عصاره خشک دارچین (سینامون) با نام تجاری استفاده‌شده در این تحقیق محصول شرکت آدونیس گل دارو بود که به‌شکل کیسه یک کیلوگرمی پودر قهوه‌ای تاریک با خلوص ۹۵ درصد و حاوی ۱۰/۳۱ درصد ماده مؤثره سینامالدئید بسته‌بندی شده بود. اتانول استفاده‌شده نیز از شرکت پارس مدیکو با خلوص ۹۹ درصد تهیه گردید.

مقدار خوراک مصرفی و وزن بدن پرندگان هر واحد آزمایشی در سن۴۲ روزگی اندازه‌گیری و شاخص‌های عملکرد (خوراک مصرفی، افزایش وزن و ضریب تبدیل) برای سن یک تا ۴۲روزگی محاسبه گردید. تلفات نیز به‌محض مشاهده ثبت شد. در روز ۴۲ دوره پرورش از هر قفس دو جوجه به‌طور تصادفی انتخاب و بعد از سه ساعت گرسنگی، خون‌گیری از سیاهرگ بال انجام گردید. نمونه‌های خونی به لوله‌های آزمایش فاقد ماده ضدانعقادی وارد گردید و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردید و بعد از ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه) سرم جدا و بلافاصله در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد تا موقع اندازه‌گیری آزمایش‌ها نگهداری گردید.

جهت اندازه‌گیری غلظت هورمون‌های تیروئیدی TSH، T3 و T4 از کیت‌های الیزا محصول شرکت پیشتاز طب و طبق دستورالعمل پیشنهادی و به‌کمک دستگاه الیزا ریدر (USA 303 fax stat) استفاده گردید. تعیین صفات فراسنجه‌های فعالیت آمیلاز و لیپاز سرم توسط کیت‌های اختصاصی شرکت پارس‌آزمون و شرکت زیست شیمی با استفاده از روش اسپکتروفتومتری طبق دستورالعمل شرکت سازنده و در آزمایشگاه رادمهر شهر گرگان انجام شد.

برای شمارش *لاکتوباسیل‌*ها و *ای‌کولای* در روز ۴۲ دوره پرورشی، از هر تکرار یک جوجه انتخاب شد (از هر تیمار پنج پرنده) و به‌روش جابجایی گردن کشته شدند. کالبدگشایی و نمونه‌گیری از محتویات قسمت ایلئوم روده در شرایط کاملاً استریل و در مجاورت شعله انجام شد و سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل گردید. برای جداسازی و شمارش *لاکتوباسیل*ها و *ای‌کولای* از رقیق کردن متوالی نمونه‌ها و به نسبت (۱ به ۱۰در محلول استریل سرم فیزیولوژی) استفاده شد.

برای شمارش *لاکتوباسیلوس*ها از آگار MRS و برای *ای‌کولای* از آگار مک‌کانی استفاده شد. محیط کشت آگار مخصوص *لاکتوباسیلوس* در انکوباتور بی‌هوازی دارای دی‌اکسیدکربن و محیط کشت آگار مخصوص *ای‌کولای* در انکوباتور هوازی قرار گرفت. دمای انکوباتور برای تمام محیط کشت‌ها ۳۷درجه سانتیگراد و مدت زمان انکوباسیون برای تمام آگارها ۴۸ ساعت بود. پس از محاسبه تعداد کلنی در هر پلیت، عدد حاصل در عکس رقت ضرب شد و نتیجه به‌صورت واحدهای تشکیل کلنی (CFU) در هر گرم بیان شد (Asadi Siah Choghaei *et al.*, 2022; Corduk *et al.*, 2008).

داده‌های حاصل با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS 9.2 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون دانکن در سطح معنی داری پنج درصد استفاده شد.

جدول ۱- ترکیب جیره‌های غذایی پایه آزمایشی

Table 1- The ingredients and composition of the basal diet

اجزای جیره (درصد) Ingredients (%)	آغازین (۱۰-۱ روزگی) Starter (0-10 d)	رشد (۲۴-۱۱ روزگی) Grower (11-24 d)	پایانی (۴۲-۲۵ روزگی) Finisher (25-42 d)
ذرت (۸ درصد پروتئین خام) Corn (8% CP)	55.88	58.96	62.67
کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین) Soybean meal (44%CP)	37.16	34.06	29.73
روغن سویا Soybean oil	2.22	2.95	3.75
کلسیم کربنات Calcium carbonate	1.31	1.07	1.06
دی کلسیم فسفات Di-calcium phosphate	1.79	1.55	1.49
مکمل ویتامینه Vitamin premix[1]	0.25	0.25	0.25
مکمل معدنی Mineral premix[2]	0.25	0.25	0.25
سدیم کلراید NaCl	0.50	0.50	0.43
دی ال-متیونین (۹۹ درصد) DL-methionine (99%)	0.35	0.27	0.24
ال-لیزین هیدروکلراید (۷۸ درصد) L-lysine HCL (78%)	0.29	0.14	0.13
ترکیب مواد مغذی محاسبه‌شده Nutrient composition (calculated)			
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری بر کیلوگرم) Metabolizable energy (kcal/kg)	2900	3000	3100
پروتئین خام (درصد) Crude protein, %	21.10	20.00	18.41
کلسیم (درصد) Calcium (Ca), (%)	1.00	0.86	0.82
سدیم (درصد) Sodium (Na), (%)	0.21	0.21	0.19
فسفر قابل دسترس (درصد) Available phosphorus, (%)	0.48	0.43	0.41
متیونین (درصد) Methionine, %	0.68	0.57	0.52
متیونین + سیستین (درصد) Methionine + cysteine, %	1.02	0.90	0.83
لیزین (درصد) Lysine, %	1.37	1.18	1.05

[۱] هر کیلوگرم مکمل ویتامینی حاوی: ویتامین A: IU ۳۶۰۰۰۰۰، ویتامین D_3: IU ۸۰۰۰۰۰، ویتامین E: ۷/۲ گرم، ویتامین K_3: ۰/۸ گرم، ویتامین B_1: ۱/۷ گرم، ویتامین B_2: ۲/۶۵ گرم، ویتامین B_3: ۱۱/۸۸ گرم، ویتامین B_6: ۱/۸۸ گرم، ویتامین B_9: ۰/۴ گرم، ویتامین B_{12}: شش میلی‌گرم.

[۲] هر کیلوگرم مکمل مواد معدنی حاوی: ۱۰۰ گرم کولین کلراید، ۳۹/۶۸ گرم منگنز (اکسید)، ۳۴/۸۸ گرم روی، ۲۰ گرم آهن، ۴ گرم مس، ۰/۳۹۶ گرم ید، ۰/۰۸ سلنیوم.

[1] Every kilogram vitamin supplement containing: vitamin A: 3600000 IU, vitamin D_3: IU800000, vitamin E: 7.2 g, vitamin K_3: 0.8g, vitamin B_1: 1.7 g, vitamin B_2: 2.65 g, vitamin B_3: 11.88 g, vitamin B_6: 1.88 mg, vitamin B9: 0.4g, Vitamin B_{12}: 6 mg,

[2] Every kilogram mineral supplement containing: chloride chlorine: 100 g, manganese (oxide): 39.68 g, Zn: 34.88 g, Fe: 20 g, Cu: 4g, iodine: 0.396 mg and Se: 0.08 g.

نتایج و بحث

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد رشد و تلفات

تأثیر تیمارهای آزمایشی مختلف بر عملکرد رشد و تلفات جوجه‌های گوشتی در جدول ۲ آورده شده است. نتایج نشان داد که مکمل‌سازی ۴۵۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم نانوسینامون در کیلوگرم خوراک در مقایسه با سایر تیمارها، سبب افزایش معنی‌دار خوراک مصرفی در جوجه‌های گوشتی درکل دوره آزمایشی شد ($P<۰/۰۵$). بیشترین خوراک مصرفی مربوط به تیمار ۶۰۰ میلی‌گرم نانوسینامون در کیلوگرم خوراک بود. علاوه‌بر این، در مقایسه با شاهد، مکمل‌سازی نانوذرات سینامون در سه سطح ۳۰۰، ۴۵۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم نانوسینامون سبب افزایش معنی‌داری وزن حاصله در ۴۲ روزگی شد.

جدول ۲- عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی تحت تأثیر جیره‌ای نانوذرات سینامون در سن شش هفتگی

Table 2- Growth performance of broiler chicks as affected by dietary supplementation of cinnamon nanoparticles (CNPs) at 6 wk of age.

فراسنجه Items	سطح نانوذرات سینامون (میلی‌گرم بر کیلوگرم جیره غذایی) CNPs level (mg/kg diet)					SEM	P-value
	0	150	300	450	600		
خوراک مصرفی (گرم) Feed Intake [g]	3937.0[b]	3859.5[b]	3867.6[b]	3742.2[c]	4352.4[a]	31.66	0.016
اضافه وزن حاصله (گرم) Body weight gain [g]	2540.0[c]	2490.0[c]	2930.0[a]	2970[a]	2790[b]	75.43	0.006
اضافه وزن روزانه (گرم/روز) Daily weight gain [g/d]	60.47[c]	59.28[c]	69.76[a]	70.71[a]	66.42[b]	1.03	0.001
ضریب تبدیل خوراک (گرم خوراک/گرم وزن) Feed conversion ratio [g feed/g gain]	1.55[a]	1.55[a]	1.32[b]	1.26[c]	1.56[a]	0.027	0.033
نرخ تلفات (درصد) Mortality rate (%)	4.00[a]	0.02[b]	0.02[b]	0.00[c]	0.00[c]	0.03	0.010

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد ($P>۰/۰۵$).

SEM: خطای استاندارد از میانگین

Means in rows with different superscripts differ significantly (P<0/05).
SEM: Standard error of means

بیشترین وزن زنده و بهترین ضریب تبدیل خوراک مربوط به تیمارهای ۳۰۰ و ۴۵۰ میلی‌گرم نانوسینامون بود ($P<۰/۰۵$). بهترین عملکرد تولید مربوط به تیمار ۴۵۰ میلی‌گرم نانوسینامون بود ($P<۰/۰۵$). تجویز نانوسینامون در ۱۵۰میلی‌گرم و بیشتر، به‌طور معنی‌داری سبب کاهش تلفات در دوره ۴۲-۱ روزگی آزمایش شد. علاوه بر این کمترین تلفات مربوط به تیمارهای ۴۵۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم نانوسینامون بود ($P<۰/۰۵$).

افزایش مصرف خوراک و افزایش وزن پرندگان ناشی از نانوذرات سینامون ممکن است به‌دلیل خاصیت تحریک‌کنندگی اشتها و کمک به عمل هضم و جذب ناشی از سینامالدئید موجود در دارچین باشد. علاوه‌بر این بهبود عملکرد هضم و جذب می‌تواند به‌واسطه ترکیبات فعال موجود در دارچین از قبیل تیمول و کارواکرول، سیناماًلدئید و اوژنول باشد (Fathi *et al*., 2017; AL-Kassie *et al*., 2009)

اسانس‌های گیاهی سبب بهبود عملکرد طیور می‌شوند، زیرا این مواد، ترشح آنزیم‌های هضمی را تحریک می‌کنند و از این مسیر بر میزان جذب مواد مغذی، میزان مصرف خوراک و سرعت عبور مواد از دستگاه گوارش اثر می‌گذارند. ترکیبات فنولی موجود در اسانس‌ها دارای خواص ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی بوده و از راه کاهش باکتری‌های مضر در دستگاه گوارش و تحریک ترشح آنزیم‌های گوارشی، آثار مثبت و مؤثری بر افزایش عملکرد دارند (Cross *et al*., 2007). استفاده از سطوح بالا (۶۰۰ میلی‌گرم نانوذرات سینامون) در این تحقیق سبب کاهش مصرف خوراک شد. اسانس‌های گیاهی محافظت نشده حاوی غلظت بالایی از مواد زیست فعال گیاهان دارویی هستند که ممکن است بو یا طعم تند و زنندهای داشته باشند و مصرف مقادیر زیاد آن‌ها شاید سبب امتناع پرنده از خوردن و کاهش مصرف خوراک می‌شود (Hernandez *et al*., 2004).

علاوه‌بر این گزارش کرده‌اند که ترکیبات آنتول، کارون، کارواکرول، تیموکینون و ۴-تریپنول دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی بوده و با حفاظت از پرزهای روده، باعث بهبود عملکرد هضم و جذب و کاهش تلفات در جوجه‌های گوشتی می‌شود (Miraghaee

(Ghasemi *et al*., 2014; *et al*., 2011). برخی دیگر از محققان، افزایش ارتفاع پرزها و عمق کریپت‌های روده جوجه‌های گوشتی را با مکمل‌سازی اسانس گیاهان دارویی در جوجه‌های گوشتی گزارش کردند (Ali *et al*., 2014; Hossain *et al*., 2014).

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر آنزیم‌های گوارشی

نتایج مندرج در جدول ۳ نشان می‌دهد که مکمل‌سازی نانوذرات سینامون در سطوح ۳۰۰ میلی‌گرم و بیشتر به‌طور معنی‌داری سبب افزایش سطح آنزیم‌های گوارشی در جوجه‌های گوشتی شد ($P<۰/۰۵$). بیشترین سطح آنزیم‌های گوارشی مربوط به تیمار ۴۵۰ میلی‌گرم نانوذرات سینامون بود ($P<۰/۰۵$).

اگرچه نتایج بسیار متغیری از تأثیر مکمل‌سازی اسانس گیاهان دارویی بر آنزیم‌های گوارشی گزارش شده است، امّا بیشتر این تحقیقات گزارش کرده‌اند که اسانس‌های بسیاری از گیاهان دارویی سبب افزایش ترشح آنزیم‌های گوارش شده و متعاقب آن سبب بهبود فرآیند هضم و جذب در دستگاه گوارش می‌شوند و ثبات فلور میکروبی روده می‌شوند (Brenes & Cross *et al*., 2007; Roura, 2010). اعتقاد بر این است که ترکیبات فیتوژنیک با تحریک ترشح آنزیم‌های گوارشی لیپاز و آمیلاز در روده باریک و لوزالمعده منجر به بهبود گوارش‌پذیری مواد مغذی و در نهایت بهبود راندمان غذایی می‌شوند (Talha *et al*., 2010; Talebi *et al*., 2021). همچنین گزارش شده است که ماده Carroseral موجود در دارچین می‌تواند سبب القاء ترشح آنزیم‌های گوارشی در دستگاه گوارش شود (AL-Kassie *et al*., 2009). گزارشی هم وجود دارد که نشان می‌دهد، دارچین به‌واسطه مواد فعال Cinnamaldehyde و Ugeno سبب تحریک آنزیم‌های گوارشی شده و هضم، جذب و کارآیی استفاده از مواد خوراکی را در جوجه‌های گوشتی افزایش می‌دهند (Lee *et al*., 2004).

جدول ۳- آنزیم‌های گوارشی جوجه‌های گوشتی تحت تأثیر جیره‌ای نانوذرات سینامون در سن شش هفتگی

Table 3- Digestive enzymes of broiler chicks as affected by dietary supplementation of cinnamon nanoparticles (CNPs) at 6 wk of age.

فراسنجه Items	سطح نانوذرات سینامون (میلی‌گرم بر کیلوگرم جیره غذایی) CNPs level (mg/kg diet)					SEM	P-value
	0	150	300	450	600		
آمیلاز (واحد/لیتر) Amylase (U/L)	809.19[c]	811.84[c]	868.30[b]	1041.84[a]	843.61[b]	8.02	0.01
لیپاز (واحد/لیتر) Lipase (U/L)	472.26[c]	502.28[c]	716.26[a]	738.28[a]	624.10[b]	10.25	0.02

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد (P>۰/۰۵).

SEM: خطای استاندارد از میانگین

Means in rows with different superscripts differ significantly (P<0/05).

SEM: Standard error of means

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر جمعیت باکتریایی ایلئوم

نتایج تأثیر مکمل‌سازی نانوذرات سینامون بر جمعیت باکتری‌های *ای‌کولای* و *لاکتوباسیلوس* ایلئوم جوجه‌های گوشتی در سن شش هفتگی در جدول ۴ آورده شده است. نتایج نشان داد که سطوح مختلف نانوذرات سینامون ۳۰۰ میلی‌گرم و بیشتر به‌طور معنی‌داری سبب کاهش جمعیت *ای‌کولای* و افزایش جمعیت *لاکتوباسیلوس* در ایلئوم جوجه‌های گوشتی شد ($P<۰/۰۵$).

افزایش جمعیت *لاکتوباسیلوس‌*ها و کاهش جمعیت *ای‌کولای* در جوجه‌های گوشتی هنگام مصرف عصاره گیاهان دارویی مختلف گزارش شده است (Jamroz *et al*., 2005; Markovic *et al*., 2009; Shams Shargh *et al*., 2012). ترکیبات فنولی موجود در اسانس‌ها دارای خواص ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی بوده و از راه کاهش باکتری‌های مضر در دستگاه گوارش آثار مثبت و مؤثری بر بهبود عملکرد و درصد ماندگاری جوجه‌های گوشتی دارند (Lee *et al*., 2004; Cross *et al*., 2007; Brenes & Roura, 2010). نشان داده‌اند که دارچین حاوی ماده‌ای به‌نام Carroseral است که دارای خاصیت ضدباکتریائی در دستگاه گوارش می‌باشد (AL-Kassie *et al*., 2009; Sang-Oh *et al*., 2013). در تحقیقی، الکاسی (AL-Kassie, 2009) گزارش کرد که ترکیبات مؤثره و فعال موجود در دارچین (تیمول، کارواکرول، سیناماَلدئید و اوژنول) در برابر باکتری‌های روده، فعالیت ضدمیکروبی نشان می‌دهند. نتایج تحقیقی نشان داد که فعالیت اوره‌آز در مواد دفعی پرندگان تغذیه‌شده با جیره حاوی دارچین کاهش یافت و عمدتاً نیتروژن را از طریق دفع آمونیومی کاهش می‌دهد (Anguo *et al*., 2008).

قبلاً نیز گزارش شده است که احتمالاً تیمول و کارواکرول سبب متلاشی شدن غشاء بیرونی باکتری و آزادسازی مواد غشایی از سلول ها به محیط خارجی می‌شوند. استفاده از اسانس‌های گیاهی در جیره طیور، ضمن بهبود جمعیت میکروبی از راه افزایش تعداد *لاکتوباسیل*

ها، با بهبود صفات ریخت‌شناسی روده، احتمالاً سبب بهبود توانایی هضم و جذب دستگاه گوارش و ارتقاء بازده رشد جوجه‌های گوشتی می‌شود (Ghazanfari *et al*., 2015).

از معایب وجود میکروب‌های مضر در دستگاه گوارش، افزایش تجزیه پروتئین و اسیدهای آمینه مواد هضمی، فعالیت دی آمیناسیونی پروتئین و اسیدهای آمینه مصرفی و نیز افزایش سرعت تجزیه آن‌ها در اثر ترشح موادی از قبیل آنزیم اوره آز به‌وسیله میکروب‌ها است. با توجه به اینکه گیاهان دارویی سبب کاهش سرعت تجزیه پروتئین و اسیدهای آمینه در دستگاه گوارش می‌شوند، مقادیر بیشتری از آن‌ها جذب و در بدن ذخیره می‌شوند و منجر به بهبود بازده لاشه و کاهش تبدیل پروتئین به چربی شده و مقادیر کمتری چربی نیز می‌تواند در بدن تجمع یابد (Ghazanfari *et al*., 2015).

جدول ٤- جمعیت باکتریایی ایلئوم جوجه‌های گوشتی تحت تأثیر جیره‌ای نانوذرات سینامون در سن شش هفتگی

Table 4- Ileal bacterial population of broiler chicks as affected by dietary cinnamon nanoparticles (CNPs) at 6 wk of age.

شمارش میکروبیولوژیکی Microbiological count (Log 10 CFU/g fresh digesta)	سطح نانوذرات سینامون (میلی‌گرم بر کیلوگرم جیره غذایی) CNPs level (mg/kg diet)					SEM	P-value
	0	150	300	450	600		
E. coli	4.89	4.80	4.32	4.50	4.41	0.68	0.42
Lactic acid bacteria	2.61[b]	2.70[b]	2.61[b]	3.70[a]	3.81[a]	0.23	0.010

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد (P>۰/۰۵).

SEM: خطای استاندارد از میانگین

Means in rows with different superscripts differ significantly (P<0/05).

SEM: Standard error of means. CFU: Colony Forming Unit.

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر سطح هورمون‌های تیروئیدی

تأثیر سطوح مختلف نانوذرات سینامون بر سطح هورمون‌های تیروئیدی جوجه‌های گوشتی در سن شش هفتگی در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد درحالی‌که مکمل‌سازی نانوذرات سینامون تأثیر معنی‌داری بر سطح هورمون TSH سرم جوجه‌های گوشتی نداشت، در سطح ۶۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خوراک سبب کاهش معنی‌دار هورمون T3 و افزایش معنی‌دار هورمون T4 سرم جوجه‌های گوشتی شد (P<۰/۰۵).

آنتی‌اکسیدان‌های گیاهی به‌طور قابل ملاحظه‌ای سبب افزایش تولید هورمون‌های تیروئیدی می‌شوند (Brewe *et al*., 2011; Mirazi *et al*., 2013). اثرات آنتی‌اکسیدانی دارچین در تحقیقات قبلی گزارش شده است (Behrooz Lak *et al*., 2014; Fathi *et al*., 2017). افزایش تولید هورمون‌های تیروئیدی تقریباً همیشه وزن بدن را کاهش و کاهش تولید آن‌ها تقریباً همیشه وزن بدن را افزایش می‌دهد؛ امّا این اثرات همیشه به وجود نمی‌آیند؛ زیرا هورمون‌های تیروئید اشتها را زیاد می‌کند و ممکن است بر اثرات ناشی از تغییر متابولیسم غلبه کند و همچنین هورمون تیروئید بر دستگاه گوارش اثر گذاشته و علاوه‌بر افزایش سرعت جذب مواد غذایی، میزان ترشح شیره‌های گوارشی و همچنین حرکات دستگاه گوارش را زیاد می‌کند و همراه این افزایش ترشح و حرکت، اشتها نیز زیاد می شود (Karimi *et al*., 2018).

جدول ۵-پروفایل هورمون‌های تیروئیدی جوجه‌های گوشتی تحت تأثیر جیره‌ای نانوذرات سینامون در سن شش هفتگی

Table 5- Thyroid hormones profile of broiler chicks as affected by dietary supplementation of cinnamon nanoparticles (CNPs) at 6 wk of age

فراسنجه Items	سطح نانوذرات سینامون (میلی‌گرم بر کیلوگرم جیره غذایی) CNPs level (mg/kg diet)					SEM	P-Value
	0	150	300	450	600		
T3 (µg/dl)	0.70[ab]	0.68[ab]	0.61[b]	0.55[bc]	0.41[d]	0.03	0.201
T4 (µg/dl)	0.58[b]	0.60[b]	0.59[b]	0.60[b]	0.69[a]	0.02	0.010
TSH (mlU/l)	1.34	1.29	1.32	1.25	1.15	0.06	0.17

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد (P>۰/۰۵).

SEM: خطای استاندارد از میانگین

Means in rows with different superscripts differ significantly (P<0/05).

SEM: Standard error of means

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج این آزمایش، به نظر می‌رسد کـه مکمـل جیـره‌ای نانوذرات سینامون احتمالاً از طریق بهبود ترشح آنزیم‌هـای گوارشـی، سلامتی روده و هم‌چنین بهبود عملکرد غده تیروئیـد، سـبب افـزایش عملکرد رشد و کاهش تلفات در جوجـه‌هـای گوشـتی شـود. بـر ایـن اساس، مناسبت‌ترین سطح نانوذرات سـینامون در جیـره جوجـه‌هـای گوشتی سطح ۴۵۰ میلی‌گرم خواهد بود.

References

1. Asadi Siah Choghaei, F., Akbari Gharaei, M., Saifali Varmaghani, S., kamran taherpour, K., & Shamsollah, M. (2022). Effect of different levels of guar gum and and β-mannanase on the performance and immune response of broiler. *Animal Science Research*, *32*(1), 31-44. (in Persian). https://doi.org/10.22034/AS.2022.36969.1534
2. AL-Kassie, G. A. M. (2009). Influences two plant extracts derived from thyme and cinnamon on broiler performance. *Pakistan Veterinary Journal*, *29*, 169-173.
3. Ali, S., Mukhtar, M., & Manzoor, S. (2014). Effect of garlic, black seed and turmeric on the growth of broiler chicken. *Pakistan Journal of Nutrition*, *13*(4), 204–210. https://doi.org/10.3923/pjn.2014.204.210.
4. Anguo, C., Jinxin, X., Caimei, Y., & Qihua, H., (2008). Effect of cinnamon extract on growth performance and excreta urease activity and nitrogen loss in broilers. American Society of Agricultural and Biological Engineers. https://elibrary.asabe.org/abstract.asp. https://doi.org/10.13031/2013.25517
5. Brenes, A., & Roura, E. (2010). Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology*, *158*, 1-14 .https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.03.007
6. Behrooz Lak, M. A., Abadi, A. H., Hassan Nasiri Moghadam, H., & Kermanshahi, H. (2014). Effect of different levels of cinnamon powder, with antibiotic and probiotic on performance and carcass characteristics of broiler chickens. *Research on Animal Production*, *5*(9), 25-35. (in Persian).
7. Brewe, M. S. (2011). Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential application. *Comprehensive Review in Food. Science Food Safety*, *10*(4), 221-247.
8. Ciftci, M., Simsek, U. G., Yuce, A., Yilmaz, O., & Dalkilic, B. (2010). Effects of dietary antibiotic and cinnamon oil supplementation on antioxidant enzyme activities, cholesterol levels and fatty acid compositions of serum and meat in broiler chickens. ACTA VETERINARIA BRNO, *79*, 33-40. https://doi.org/10.2754/avb201079010033
9. Corduk, M. N., Ceylan, N., Dede, C., & Tel, O. (2008). Effects of novel feed additives on performance, carcass traits and *E. coli*, aerobic bacteria and yeast counts in broilers. *Archive fur Geflugelkunde*, *72*, 61-67. https://doi.org/10.1016/S0003-9098(25)00881-1
10. Cross, D. E., Mc Devitt, R. M., Hillman, K., & Acamovic, T. (2007). The effect of herbs and their associated essential oils on performance, dietary digestibility and gut microflora in chickens from 7 to 28 days of age. *British Poultry Science, 48*, 496-506. https://doi.org/10.1080/00071660701463221.
11. Fathi, M., Nik Guo, A., & Mehri, M. (2017). Effects of cinnamon powder levels on performance, antioxidant status, meat oxidative stability, enzymes activity and some blood parameters in broiler chickens. *Research on Animal Production*, *8*(17), 18-25. (in Persian). http://dx.doi.org/10.29252/rap.8.17.18
12. Gaique, T. G., Lopes, B. P., Souza, L. L., Paula, G. S. M., Pazos-Moura, C. C., & Oliveira, K. J. (2016).Cinnamon intake reduces serum T_3 level and modulates tissue-specific expression of thyroid hormone receptor and target genes in rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *96*, 2889–2895. https://doi.org/10.1002/jsfa.7460 .
13. Ghasemi, H. A., Kasani, N., & Taherpour, K. (2014). Effects of black cumin seed (*Nigella sativa* L.), a probiotic, a prebiotic and a synbiotic on growth performance, immune response and blood characteristics of male broilers. *Livestock Science*, *164*, 128–134. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.03.014.
14. Ghazanfari, S. H., Adib Moradi, M., & Rahimi Niat, F. (2015). Effects of different levels of *Artemisia sieberi* essential oil on intestinal morphology characteristics, microflora population and immune system in broiler chickens. *Journal of Veterinary Research*, *70*(2), 195-202.
15. Hernandez, F., Madrid, J., Garcia, V., Orengo, J., & Megias, M. D. (2004). Influence of two plant extracts on broiler performance, digestibility and digestive organ size. *Poultry Science*, *83*, 169-174. https://doi.org/ 10.1093/ps/83.2.169.
16. Hossain, M. M., Howlader, A. J., Islam, M. N., & Beg. M. A. (2014). Evaluation of locally available herbs and spices on physical, biochemical and economical parameters on broiler production. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, *4*(1), 317–322.
17. Jamroz, D., Wiliczkiewicz, A., Wertelecki, T., Orda, J., & Skorupińska, J. (2005). Use of active substances of plant origin in chicken diets based on maize and locally grown cereals. *British Poultry Science*, *46*(4), 485-493. https://doi.org/10.1080/00071660500191056.
18. Karimi, A., Babayan, H., Nemati, Z., & Abdi, E. (2018). Effects of transient hypo- and hyper- thyroidism after

extreme feed restriction on performance and ascites index of broiler chickens. *Animal Science Research, 28*(4), 165-180. (in Persian).

19. Lee, K. W., Everts, H., Frehner, M., & Beynen, A. C. (2004). Cinnamanaldehyde, but not thymol, counteracts the carboxymethyl cellulose-induced growth depression in female broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*, *3*, 608-612 .https://doi.org/10.3923/ijps.2004.608.612
20. Markovic, R., Sefer, D., Krstic, M., & Petrujkic, B. (2009). Effect of different growth promoters on broiler performance and gut morphology. *Archivos de Medicina Veterinaria, 41*, 163-169. https://doi.org/10.4067/s0301-732x2009000200010.
21. Mirazi, N., Abdolmaleki, N., & Mahmoodi, M. (2013). Study of *Salvia officinalis* hydroethanolic extract on serum thyroid hormone levels in hypothyroid male rat. *Scientific Journal of Hamadan University of Medical Sciences, 19*(4), 27-35.
22. Miraghaee, S. S., Heidary, B., Almasi, H., Shabani, A., Elahi, M., & Modaber, M. H. (2011). Effects of *Nigella sativa* powder (black seed) and *Echinacea purpurea* (L.) moench extract on performance, some blood biochemical and hematological parameters in broiler chickens. *African Journal of Biotechnology*, *10*(82) 19249–19254. https://doi.org/10.5897/AJB11.2891.
23. Shams Shargh, M., Dastar, B., Zerehdaran, S., Khomeiri, M., & Moradi, A. (2012). Effects of using plantextracts and a probiotic on performance, intestinal morphology, and microflora population in broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, *21*, 201-208. https://doi.org/10.3382/japr.2010-00145
24. Sang-Oh, P., Chae-Min, R., Byung-Sung, P., & Jong, H (2013). The meat quality and growth performance in broiler chickens fed diet with cinnamon powder. *Journal of Environmental Biology, 34*,127-33.
25. Tabak, M., Armon, R., & Neeman, I, (1999). Cinnamon extracts inhibitory effect on *Helicobacter pylori*. *Journal of Ethnopharmacology*, *67(3)*, 269-277. https://doi.org/10.1016/S0378-8741(99)00054-9
26. Talebi, A., Maham, M., Asri-Rezaei, S., Pournaghi, P., Khorram, M. S., & Derakhshan, A. (2021). Effects of *Nigella sativa* on performance, blood profiles, and antibody titer against newcastle disease in broilers. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1-15. https://doi.org/10.1155/2021/2070375 .
27. Talha, E., Abbas, E., & Mohamed, E. (2010). Effect of supplementation of *Nigella sativa* seeds to the broiler chicks' diet on the performance and carcass quality. *International Journal of Agricultural Sciences, 2*, 0975-3710. https://doi.org/10.9735/0975-3710.2.2.9-13 .
28. Zhu, X., Gojzewski, H., Koshkina, O., & Wurm, F. R. (2024). Accelerated hydrolysis and degradation of polylactide nanocomposites using loaded silica nanocarriers. *Chemical Engineering Journal*, *491*(2024), 151903.